

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРМ ТЕПЛОВЫХ ДВС

А. С. Лоренц
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

IMPROVING OF OPERATING PROPERTIES OF THE GAS DISTRIBUTING MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Anatoly S. Lorents
Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Arkhangelsk, Russia

Аннотация. Снижение теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения является актуальной задачей. Это обусловлено необходимостью уменьшения рисков деформации рабочей поверхности тарелки клапана и, как следствие, увеличения ресурса газораспределительного механизма.

В работе предложена конструкция клапанного механизма с возможностью подвода охлаждающего агента в камеру сгорания через полость клапана. Данные предварительного исследования показали эффективность подачи охлаждающего агента. При сравнении температурных показателей в исследуемых контрольных точках было выявлено снижение температуры клапана на 0,72–25 %.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газораспределительный механизм, подача воды

Abstract. Reducing the heat load of the valve mechanism of the gas distribution system is an urgent task. This is due to the need to reduce the risks of deformation of the working surface of the valve disc and, as a consequence, to increase the resource of the gas distribution mechanism.

The paper proposes a valve mechanism design with the possibility of supplying the coolant to the combustion chamber through the valve cavity. The data from the preliminary study showed the effectiveness of the coolant supply. When comparing the temperature indicators in the test points under study, a decrease in the valve temperature by 0,72–25 % was revealed.

Key words: internal combustion engine, gas distribution mechanism, water supply

Введение

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью компенсации температурного воздействия на клапан системы газораспределения, уменьшения рисков деформации рабочей поверхности тарелки и, как следствие, увеличения ресурса газораспределительного механизма. В настоящее время в промышленности для выполнения транспортно-технологических работ применяются различные агрегаты, оснащенные тепловым двигателем внутреннего сгорания (ДВС). При выполнении рабочего процесса тепловых ДВС часть элементов конструкции подвержена влиянию высокотемпературных воздействий. На основании проведенных опытов и структурировании данных установлено, что в конце такта выпуска в процессе сгорания топлива температура изменяется в следующих пределах: для бензиновых двигателей – от 2 126,85 до 2 526,85 °С, для дизельных – от 1 526,85 до 1 726,85 °С [1].

Соответственно пиковая температурная нагрузка приходится на цилиндро-поршневую группу кривошипно-шатунного механизма и клапана механизма газораспределения.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является клапанный механизм газораспределения ДВС, предметом – особенности термокомпенсации клапанных механизмов под воздействием высоких температур. Методика исследования основана на трехмерном твердотельном параметрическом моделировании [2].

Цель работы заключается в определении способа снижения теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения за счет подачи охлаждающего агента. Для ее достижения использовался метод корреляционного анализа результатов, полученных посредством моделирования термического воздействия на клапанный механизм ДВС.

Газораспределительный механизм (ГРМ) предназначен для впуска в рабочий объем цилиндров двигателя свежего заряда (горючей смеси или воздуха) и выпуска отработавших га-

зов в соответствии с фазами рабочего цикла. Для ГРМ большинства современных двигателей, как правило, характерно верхнеклапанное расположение органов газораспределения, находящихся в головке блока цилиндров (ГБЦ) [3, 4].

Под тепловой нагрузкой понимается значение удельного теплового потока, передаваемого от рабочего тела к поверхности детали. Интенсивность теплоотдачи определяется в большей мере локальными условиями смесеобразования и тепловыделения. [5].

Известно, что клапанный механизм при недостаточном отводе тепла подвержен воздействию высоких температур и динамических нагрузок. В нижней части тарелки впускного клапана температура достигает 300–420 °С в самых напряженных режимах работы [6, 7]. В нижней части тарелки выпускных клапанов температура может достигать 800–850 °С (в дизельных двигателях – 500–600 °С) [8, 9].

Экспериментальная часть

На рис. 1 представлено моделирование температурного воздействия на выпускной клапан механизма ГРМ, которое производилось в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks. Самый распространенный метод моделирования основан на анализе конечных элементов (FEA), где область проектирования разбита на мелкую сетку элементов [10]. Количество конечных элементов выбирается проектировщиком эмпирически, в зависимости от поставленных целей. Чем больше конечных элементов, тем точнее будет процесс моделирования, но для расчета всех итераций потребуется больше вычислительных и временных ресурсов.

При анализе четко прослеживается, что экстремум температурного воздействия достигается на тарелке клапана, переходит на галтель и затухает в нижней части стержня клапана. Графическое изображение процесса доказывает, что клапан испытывает температурную нагрузку, которая в совокупности с механическим воздействием имеет возможность разрушать поверхностную структуру материала и уменьшать КПД двигателя в целом.

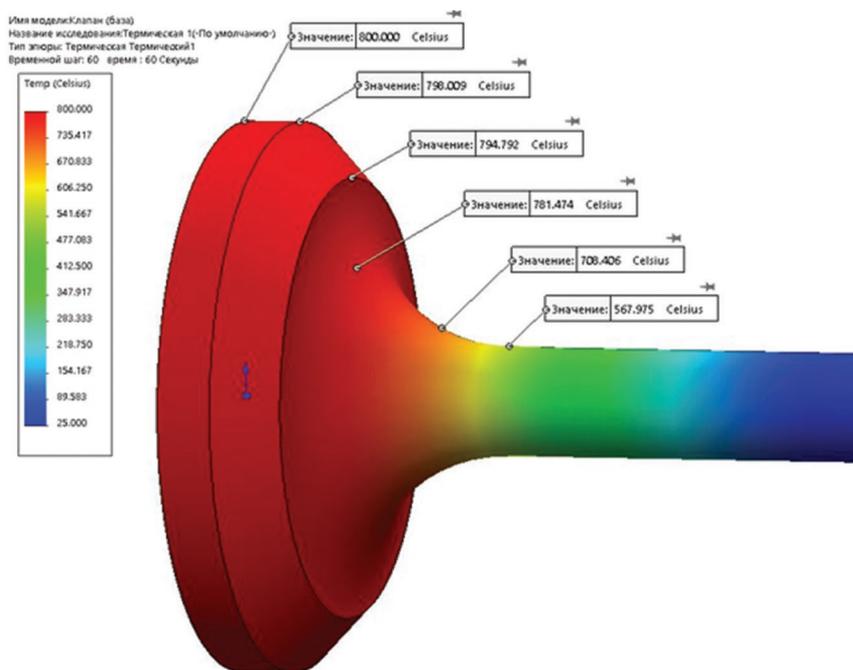


Рис. 1. Моделирование температурного воздействия на клапанный механизм

Для сокращения негативных эффектов температурного воздействия автором предложено добавить в стержень клапана механизм подачи охлаждающего агента, преимущественно воды.

На рис. 2 представлен предлагаемый вариант клапана системы газораспределения ДВС с исполнительным механизмом подвода охлаждающего агента в камеру сгорания [11].

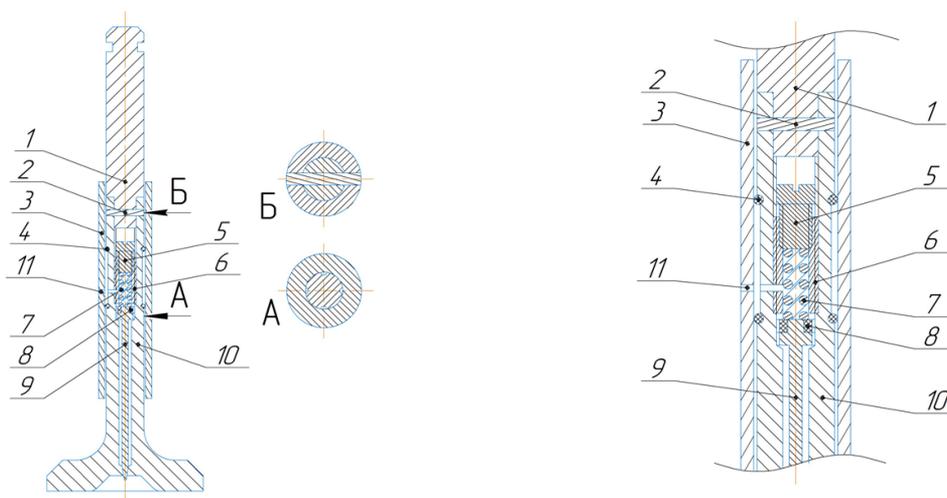


Рис. 2. Устройство термокомпенсации клапанного механизма системы ГРМ:

- 1) верхняя часть стержня клапана; 2) цилиндрический штифт; 3) направляющая втулка клапана;
- 4) уплотнительное кольцо; 5) регулировочный винт; 6) втулка;
- 7) возвратная пружина иглы; 8) уплотнительная прокладка; 9) запорная игла;
- 10) нижняя часть клапана; 11) магистраль

Предлагаемая схема модифицированного клапана основана на термодинамических принципах теплового расширения жидкости. Чтобы избежать уменьшения прочностных характеристик при сквозном сверлении внутренней полости клапана, автором было решено разделить стержень на две составляющие, состоящие из верхней части стержня клапана 1 и нижней части клапана 10 и соединенные цилиндрическим штифтом 2.

Охлаждающий агент, преимущественно вода, нагнетается в магистраль для подвода жидкости 11 через головку блока цилиндров (ГБЦ), проходя направляющую втулку 3 в канал, находящийся в полости клапана 10 при помощи подкачивающего насоса. Герметичность соединения между клапаном и направляющей втулкой достигается уплотнительными кольцами 4. Обладая высокой удельной теплоемкостью и высокой теплопроводностью, вода служит идеальной жидкостью для поддержания одинакового теплового режима и термостабильности системы. В процессе работы ДВС температура впускных клапанов многократно превышает температуру перехода охлаждаю-

щей жидкости в газообразную фазу. Вследствие чего происходит многократное расширение агента, способствующее увеличению давления во внутренней полости клапана. Под действием давления, согласно закону Паскаля, газ начинает воздействовать на запорную иглу 9, и, как только усилие превысит жесткость возвратной пружины 7, уплотнительная прокладка 8 при подъеме запорной иглы перекроет возможность подвода свежего заряда, работая как нагнетательный клапан. В это же время подъем иглы дает возможность выходить охлаждающему агенту в камеру сгорания. Высокий коэффициент теплопроводности охлаждающей жидкости позволяет эффективно отводить избыточную температуру от клапанов, увеличивая ресурс клапанного механизма.

На рис. 3 представлено моделирование температурного воздействия на измененный выпускной клапан механизма ГРМ.

Второй опыт, проведенный на модифицированном клапане, показывает положительный результат в виде уменьшения экстремумов температуры в нижней части клапанного механизма.

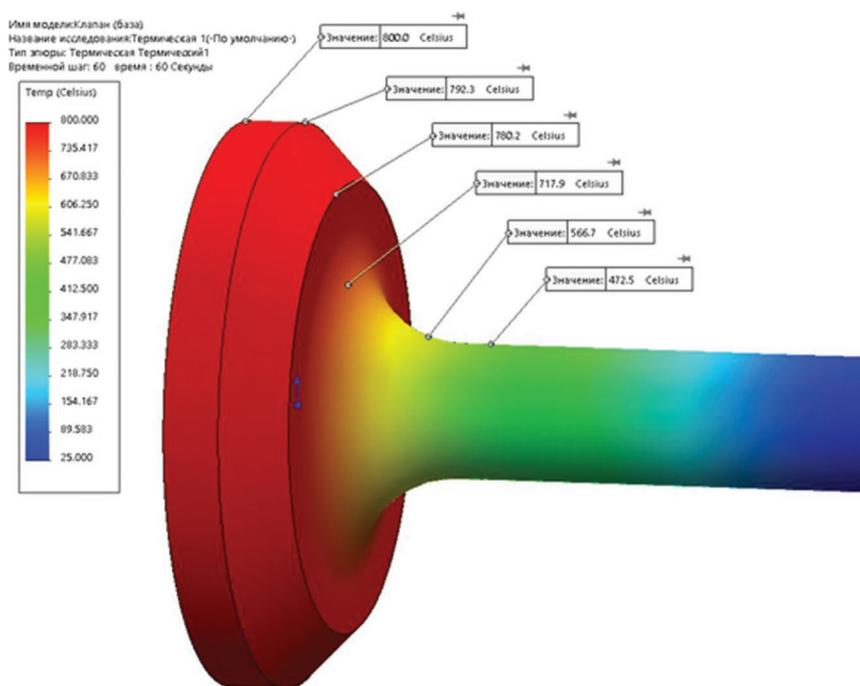


Рис. 3. Моделирование температурного воздействия на измененный клапанный механизм

Результаты

Основные результаты проведенного исследования сведены в таблицу.

Таблица

Сравнительная характеристика температурных показателей в исследуемых контрольных точках

Клапан № 1, t, °C	Клапан № 2, t, °C	Изменение, t, °C	Соотношение, %
800	800	0	0
798,0	792,3	-5,7	-0,72
794,8	780,2	-14,6	-1,87
781,5	717,9	-63,6	-8,86
708,4	566,7	-141,7	-25,00
568,0	472,5	-95,5	-20,21

Обсуждение и выводы

Предполагаемыми качественными объяснениями ожидаемого положительного эффекта на

основе анализа моделирования можно считать снижение теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения за счет подачи охлаждающего агента.

Также стоит отметить, что подача охлаждающего агента непосредственно в камеру сгорания будет происходить преимущественно в такте расширения (рабочего хода), что обусловлено наибольшей тепловой нагрузкой на элементы ДВС, примыкающие к камере сгорания. Агент в газообразной фазе имеет высокую степень теплового расширения, что в свою очередь приводит к увеличению мощностных характеристик и КПД всего двигателя в целом, а также смещает точку детонационной устойчивости в положительную сторону.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что работа имеет свою степень актуальности, но для их уточнения необходимо более полное и глубокое изучение данного вопроса путем проведения натуральных экспериментов.

Библиографический список

1. Курасов, В. С. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В. С. Курасов, В. В. Драгуленко, С. М. Сидоренко. – Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет, 2013. – 86 с. – Текст : непосредственный.
2. Huang, X. Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures : Methods and Applications / X. Huang, Y. M. Xie. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2010. – 237 p. – Direct text.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей : учебник для вузов / С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин [и др.] ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1985. – 456 с. – Текст : непосредственный.
4. Конструкция и расчет автотракторных двигателей : учебник для машиностроительных специальностей вузов / М. М. Вихерт, Р. П. Доброгаев, М. И. Ляхов [и др.] ; под ред. Ю. А. Степанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1964. – 552 с. – Текст : непосредственный.
5. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания : теория, моделирование и расчет процессов / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005. – 403 с. – Текст : непосредственный.
6. Поддубный, И. Н. Анализ сталей, применяемых для производства клапанов двигателей автомобилей / И. Н. Поддубный, О. Г. Чернега. – Текст : непосредственный // Вісник СевНТУ. – 2012. – № 134. – С. 158–161.
7. Мотовилин, Г. В. Автомобильные материалы : справочник / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1989. – 463 с. – Текст : непосредственный.

8. Беспяты́й, Ф. С. Конструкция, основы теории и расчет трактора : учебник для машиностроительных техникумов / Ф. С. Беспяты́й, И. Ф. Троицкий ; под ред. В. А. Иванова. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 1972. – 502 с. – Текст : непосредственный.
9. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование : учебник для вузов / В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина, М. Г. Шатрова. – 3-е изд. перераб. – Москва : Высшая школа, 2007. – 400 с. – Текст : непосредственный.
10. Svanberg, K. Topology Optimization by Sequential Integer Linear Programming / K. Svanberg, M. Werme. – DOI:10.1007/1-4020-4752-5_42. – Direct text // IUTAM Symposium on Topological Design Optimization of Structures, Machines and Materials. – 2006. – Vol. 137. – Pp. 425–436.
11. Патент на изобретение № 2740832 Российская Федерация, МПК F02M25/03, F01L3/18. Устройство для термокомпенсации клапанного механизма системы газораспределения с положительным воздействием на характеристики ДВС / № 2020110315 : заявл. 12.03.2020 : опубл. 21.01.2021 / Лоренц А. С. : Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова. – Текст : непосредственный.

References

1. Kurasov, V. S., Dragulenko, V. V., & Sidorenko, S. M. (2013). Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., 86 p. (In Russian).
2. Huang, X., & Xie, Y. M. (2010). Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures: Methods and Applications. Hoboken, John Wiley & Sons, 237 p. (In English).
3. Efimov, S. I., Ivashchenko, N. A., Ivin, V. I., Alekseev, V. P., Vyubov, D. N., Grekhov, L. V., ... Chistyakov, V. K. (1985). Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Sistemy porshnevnykh i kombinirovannykh dvigateley. 3rd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 456 p. (In Russian).
4. Vikhert, M. M., Dobrogaev, R. P., Lyakhov, M. I., Pavlov, A. V., Solov'ev, M. P., Stepanov, Yu. A., & Suvorov, V. G. (1964). Konstruktsiya i raschet avtotraktornykh dvigateley. 2nd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 552 p. (In Russian).
5. Sharoglazov, B. A., Farafontov, M. F., & Klement'ev, V. V. (2005). Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya, modelirovanie i raschet protsessov. Chelyabinsk, South Ural State University Publ., 403 p. (In Russian).
6. Piddubniy, I., & Cherneta, O. (2012). Analysis of steels are applied for production of engines"s valves of automobiles. Visnik SevNTU, (134), pp. 158-161. (In Russian).
7. Motovilin, G. V., Masino, M. A., & Suvorov, O. M. (1989). Avtomobil'nye materialy. 3rd edition, revised. Moscow, Transport Publ., 463 p. (In Russian).
8. Bespyaty, F. S., & Troitskiy, I. F. (1972). Konstruktsiya, osnovy teorii i raschet traktora. 2nd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 502 p. (In Russian).
9. Lukanin, V. N., Alekseev, I. V., Shatrov, M. G., Pavlov, A. V., Gorshkov, Yu. V., Nazarov, N. I., ... Sinyavskiy, V. V. (2007). Dvigateli vnutrennego sgoraniya. V 3 kn. Kn. 2. Dinamika i konstruirovaniye. 3rd edition, revised. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 400 p. (In Russian).
10. Svanberg, K., & Werme, M. (2006). Topology Optimization by Sequential Integer Linear Programming. IUTAM Symposium on Topological Design Optimization of Structures, Machines and Materials, (137), pp. 425-436. (In English). DOI: 10.1007/1-4020-4752-5_42
11. Lorents, A. S. Ustroystvo dlya termokompensatsii klapanogo mekhanizma sistemy gazoraspredeleniya s polozhitel'nym vozdeystviem na kharakteristiki DVS. Patent na izobretenie 2740832 RF, MPK F02M25/03, F01L3/18. No 2020110315. Applied: 12.03.2020. Published: 21.01.2021. (In Russian).

Сведения об авторе

Лоренц Анатолий Сергеевич, к. т. н., доцент кафедры инжиниринга транспортно-технологических средств и оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, e-mail: a.lorents@narfu.ru

Information about the author

Anatoly S. Lorents, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering of Transport and Technological Means and Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, e-mail: a.lorents@narfu.ru

Для цитирования: Лоренц, А. С. Улучшение эксплуатационных свойств ГРМ тепловых ДВС / А. С. Лоренц. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-83-89. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 83–89.

For citation: Lorents, A. S. (2021). Improving of operating properties of the gas distributing mechanism of internal combustion engine. Architecture, construction, transport, (4), pp. 83-89. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-83-89.